

河川堤防植生の適切な施工・管理に向けた 現地植生調査

FIELD VEGETATION SURVEY FOR PROPER CONSTRUCTION AND MANAGEMENT OF RIVER EMBANKMENT VEGETATION

谷瀬 敦¹・田倉 利浩²・新目 竜一¹

Atsushi TANISE, Toshihiro TAKURA and Ryuichi SHIMME

¹正会員 工修 土木研究所寒地土木研究所水環境保全チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸1-3-1-34)

²正会員 (前)国土交通省北海道開発局札幌開発建設部河川工事課
(〒060-8506 札幌市中央区北2条西19丁目)

Vegetation of embankment plays an important role in river management, such as contributing to erosion resistance of embankments. Therefore, in this research, in order to prevent serious damage caused by the erosion of the embankment, it is necessary to survey of the number of vegetation after the end of embankment vegetation construction, visual evaluation of 5-stages and root strength. We conducted surveys and organized their respective relationships. As a result, a positive correlation was found between the 5-stage evaluation of coating condition and root strength. The actual condition of vegetation until the second year after the embankment construction finish was clarified, and valuable results were obtained for the construction and management of embankment vegetation.

Key Words : *embankment vegetation, field survey, root system strength,
river maintenance and management*

1. はじめに

河川堤防の法面は高規格堤防の裏法面を除いて、河川管理施設等構造令（以下構造令という）には「盛土による堤防の法面は、芝等によって覆うものとする。」と定められており、降雨及び流水等によるのり崩れまたは洗掘に対して安全となるように芝等で覆うことが規定されている。また堤防の法面植生として、構造令の解説書¹⁾には①活着が早く、容易に生育すること②入手が容易で、施工上の取扱いも容易であること③草丈が低く、表層に広く根が張って耐侵食に強いこと等の条件を満たす種が望ましいと記述されている。この条件を満たす種として、一般に、本州以南の河川堤防の法面緑化では、在来種のシバが用いられている。一方、積雪寒冷地の北海道においては、冷涼な気候でも生育が早く、種の入手も容易である外来牧草種が用いられている。1975年頃からは外来牧草種のトールフェスク（オニウシノケグサ）が用いられていたが、その繁殖力の強さから「特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律（外来生物法、2005年8月施行）」で要注意外来生物に指定されて以降、

北海道の堤防法面植生には使用されなくなった。そのため、トールフェスクに代わる種としてハードフェスク（コウライウシノケグサ）が使われるようになったが、実際に堤防法面に施工した後の生育状況の実態は明らかにされていない。他方、植生の根毛の量と流水に対する耐久時間の関係についての定量評価式が実験から提案される²⁾など、実際の堤防植生を管理するために必要な指標が明らかになりつつある。

そこで、今後の堤防植生の適切な施工及び管理に向けて、石狩川下流域で施工された工事箇所において、施工後の植生の被覆状況と根系強度等について調査・分析を行ったのでここに報告する。

2. 調査地の概要及び調査の方法

植生の現地調査は石狩川下流域において2011年及び2012年に国土交通省北海道開発局で施工された堤防植生工事箇所において実施した。調査箇所では施工された植生工事は種子吹付工で実施されており、その工法は北海道内で通常行われている高度化成肥料とファイバー及び粘

表-1 配合比 (1m²当たり播種重量) 別施工箇所数

配合比 KBG・CRF・HF (g/m2)	2・2・1	2・4・8	2・6・6	2・8・6	3・7・6	4・4・3	4・4・4	4・4・8	12・12・12	計	
発生期待本数(本/m2)	6,569	14,675	14,400	15,987	17,219	14,069	15,000	18,725	45,000		
施工箇所数	2011年	0	2	4	0	0	26	12	18	2	64
	2012年	3	7	0	4	2	7	2	6	0	31

※KBG(ケンタッキーブルーグラス),CRF(クリーピングレッドフェスク),HF(ハードフェスク)

表-2 策定した目視判定レベル

目視判定レベル	評価基準
level-1	殆どが裸地で植生の機能が期待できない
level-2	生育不良で裸地が多く植生の機能がほとんど期待できない
level-3	生育が悪く、裸地がある
level-4	生育は良いが侵入種が広範囲あるいはパッチ状に分布
level-5	非常に生育が良く、法面全体が配合種等で覆われている

着材と一緒に種子を吹き付けるファイバー種子散布工、高度化成肥料とファイバー及び粘着剤に加えて、磷酸肥料と有機物を含んだ土壌改良材を加える腐植酸種子散布工及び、肥料と土壌改良材に加えて客土を吹き付ける客土吹付工である。用いられた種子は北海道開発局の植生工事で一般に用いられているケンタッキーブルーグラス、クリーピングレッドフェスク及びハードフェスクの混合である。なお、その配合比及び播種量は調査地毎に種々異なっている。各年に施工した配合比別の箇所数を表-1に示す。ここで、播種した種子量から期待される発芽本数(以下、発生期待本数と言う)は、種毎の1g当たり種子粒数に夾雑物を除いた純度(%)と発芽率(%)を掛けた数の合計値から求めている。2011年の施工箇所は64箇所、2012年の施工箇所は31箇所である。植生工事の実施時期は6月上旬から8月下旬までと調査地毎に異なっている。

年度毎の調査の内容は次の通りである。2011年の調査は、2011年に施工した箇所を調査対象として2011年11月上旬から中旬にかけて実施している。調査内容は生育確認調査である。各調査区域内の代表的な箇所で10cm×10cm四方の方形枠内の試料を切り取って採取し、試料内で生育確認できる草種を1本ずつバラバラにした後、種毎の茎の総数及び最長、最短の個体の草丈を計測した。なお、植生試料は株分けが可能となるまで自然乾燥した後に計測を実施している。

2012年の調査は2011年と同一の箇所に加えて、2012年に施工した箇所を対象に調査を実施した。調査は2011年施工箇所については7月上旬から8月上旬にかけて、2012年施工箇所は9月下旬から10月上旬にかけて実施した。調査内容は、2011年と同様の方形枠の切り取り試料内の生育確認調査に加えて、目視レベル判定評価と根系強度試験を行った。目視レベル判定評価は、植生工事後の堤防法面全体の被覆率や配合種の生育状態、侵入植生の被圧を考慮して、5段階の評価基準を設けて、試行的に行っている。評価レベルと評価基準は表-2に示す通りで、裸地状態を示すLevel-1から非常に生育が良く法面全体を配合種で覆われている状態を示すLevel-5までの5段階評価とし

表-3(1) 各配合比の生育確認本数別箇所数
(2011年施工箇所2011年調査)

配合種確認本数	箇所数 配合比(KBG・CRF・HF)						合計
	2・4・8	2・6・6	4・4・3	4・4・4	4・4・8	12・12・12	
0本/100cm ²					1		1
1～9本/100cm ²			1	3	1		5
10～19本/100cm ²		1	6	1	5		13
20～29本/100cm ²		2	8	1	6	1	18
30～39本/100cm ²			7	6	2		15
40～49本/100cm ²	1	1	1		1	1	5
50～79本/100cm ²	1		2		2		5
80本/100cm ² 以上			1	1			2
平均(本/100cm ²)	51.00	28.75	31.54	29.17	25.61	33.00	29.91
確認本数/期待本数	34.8%	20.0%	22.4%	19.4%	13.7%	7.3%	19.2%

表-3(2) 各配合比の生育確認本数別箇所数
(2011年施工箇所2012年調査)

配合種確認本数	箇所数 配合比(KBG・CRF・HF)						合計
	2・4・8	2・6・6	4・4・3	4・4・4	4・4・8	12・12・12	
0本/100cm ²							0
1～9本/100cm ²			2	2			4
10～19本/100cm ²				1	2		3
20～29本/100cm ²					2		2
30～39本/100cm ²			1	3	1		5
40～49本/100cm ²	1	3	4	2	2		12
50～79本/100cm ²		1	15	4	7	2	29
80本/100cm ² 以上	1		4		4		9
平均(本/100cm ²)	73.00	51.25	60.19	39.83	55.00	63.00	54.84
確認本数/期待本数	49.7%	35.6%	42.8%	26.6%	29.4%	14.0%	34.8%

表-3(3) 各配合比の生育確認本数別箇所数
(2012年施工箇所2012年調査)

配合種確認本数	箇所数 配合比(KBG・CRF・HF)								合計
	2・2・1	2・4・8	2・8・6	3・7・6	4・4・3	4・4・4	4・4・8		
0本/100cm ²									0
1～9本/100cm ²						1			1
10～19本/100cm ²					3				3
20～29本/100cm ²	3	3		1	3				10
30～39本/100cm ²		2	2		1	1			6
40～49本/100cm ²		1		1					2
50～79本/100cm ²			1		2	1			7
80本/100cm ² 以上		1	1				3		5
平均(本/100cm ²)	23.66	39.14	55.25	33.50	30.71	46.50	80.83		46.00
確認本数/期待本数	36.0%	26.7%	34.6%	19.5%	21.8%	31.0%	43.2%		30.5%

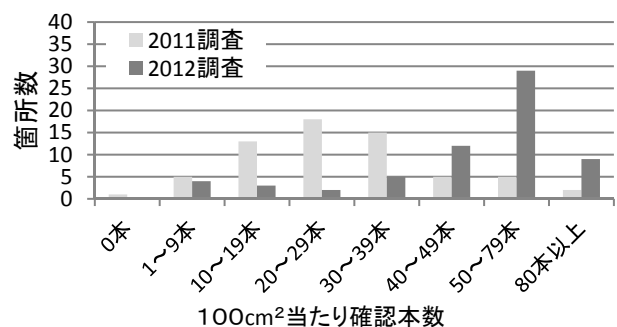


図-1 2011年施工箇所の配合種確認本数

表-4(1) 配合比毎の目視判定レベル別の箇所数と平均値
(2011年施工箇所2012年調査)

配合比 (発生期待本数)	目視判定レベル					平均
	1	2	3	4	5	
2・4・8 (14,675)			2			3.00
2・6・6 (14,400)		1	2		1	3.25
4・4・3 (14,069)	6	4	2	5	9	3.27
4・4・4 (15,000)		2	1	1	8	4.25
4・4・8 (18,725)			4	7	7	4.17
12・12・12 (45,000)		2				2.00
合計 (占有率(%))	6 (9.4)	9 (14.1)	11 (17.2)	13 (20.3)	25 (39.1)	3.66

表-4(2) 配合比毎の目視判定レベル別の箇所数と平均値
(2012年施工箇所2012年調査)

配合比 (発生期待本数)	目視判定レベル					平均
	1	2	3	4	5	
2・2・1 (6,569)		1	2			2.67
2・4・8 (14,675)		3	3	1		2.71
2・8・6 (15,987)		1	2	1		3.00
3・7・6 (17,219)		1	1			2.50
4・4・3 (14,069)		2	4	1		2.86
4・4・4 (15,000)		1	1			2.50
4・4・8 (18,725)			5	1		3.17
合計 (占有率(%))	0 (0)	9 (29.0)	18 (58.1)	4 (12.9)	0 (0)	2.84

ている。根系強度の計測は土木研究所において開発されたベーン式根系強度計²⁾を使用して行った。この根系強度計は流水に対する耐侵食と関係があると言われている植物の平均根毛量を簡易に推定する方法として、地表面から深さ3cmまでの植物の根によるせん断強度を測定する装置である。この測定方法は、地面を掘るといった労力が不要であり、かつ測定時の地表面の攪乱を最小限にとどめるものであるため、特に堤防法面における平均根毛量の推定に最適と言われている。本調査では、根系強度を1調査地点当たり5回計測し、その平均値で評価している。

3. 結果

(1) 生育確認調査結果

表-3(1)に2011年施工箇所について、2011年11月に調査を実施した配合比別の確認本数の結果の表を示す。同様に表-3(2)に2011年施工箇所の施工後1年経過した後の2012年の調査結果、表-3(3)に2012年施工箇所の2012年の調査結果を示す。各表には各調査区で確認できたケンタッキーブルーグラス、クリーピングレッドフェスク及びハードフェスクの本数についてランク分けし、配合比別の確認箇所数を示している。なお、施工1年目の調査では各草種の同定が困難であったため、2011年及び2012年の調査結果とも、草種別の本数ではなく配合種の合計本数で示す。

まず、施工1年目の調査結果について記述する。表-3(1)の2011年の調査結果では配合比2・4・8の結果を除くどの配合比も100cm²当たりの茎の確認本数は10本～39本の間

表-5(1) 配合比毎の根系強度計測結果
(2011年施工箇所2012年調査)

配合比 (発生期待本数)	根系強度(kgf・cm)			データ数
	最小値	最大値	平均値	
2・4・8 (14,675)	312	378	345.0	2
2・6・6 (14,400)	198	438	332.8	4
4・4・3 (14,069)	92	537	378.0	26
4・4・4 (15,000)	416	584	484.8	12
4・4・8 (18,725)	308	504	417.3	18
12・12・12 (45,000)	393	418	405.5	2
合計			406.1	64

表-5(2) 配合比毎の根系強度計測結果
(2012年施工箇所2012年調査)

配合比 (発生期待本数)	根系強度(kgf・cm)			データ数
	最小値	最大値	平均値	
2・2・1 (6,569)	165	184	172.0	3
2・4・8 (14,675)	124	320	189.4	7
2・8・6 (15,987)	189	279	246.5	4
3・7・6 (17,219)	189	265	227.0	2
4・4・3 (14,069)	168	261	213.7	7
4・4・4 (15,000)	224	227	225.5	2
4・4・8 (18,725)	166	298	225.6	6
合計			212.3	31

に集中し、平均確認本数は約28本～33本であった。発生期待本数に対する確認本数の割合は7%～35%程度であり、発生期待本数が多いほど低い値となっていた。2012年施工箇所の調査結果(表-3(3))では、確認本数の平均は100m²当たり約23本～80本である。発生期待本数に対する確認本数の割合は約20%～43%であり、2011年施工箇所の1年目の調査結果と比較して高い割合を示した。

次に施工後1年を経過した後の調査結果について記述する。施工後1年を経過した2012年の調査の結果、100cm²当たりの確認本数が50本を超える箇所が7箇所から38箇所に大幅に増えた(表-3(2)、図-1)。発生期待本数に対する確認本数の割合も、全ての配合比で上昇し、合計平均で19.2%から34.8%に上昇した。一方、施工後1年経過しても100cm²当たりの確認本数が19本以下の少ない地点も7箇所あった。

北海道開発局によると、堤防の法面植生の生育本数は一般的には5,000本/ m²の生育数で十分と考えられるとしている。20011年施工箇所の内、この基準を満足したのは1年目調査時点では64箇所で7箇所、2年目調査では38箇所であり、2年目にかけて満足した箇所は増加したものの、約4割の箇所がこの基準以下であった。

(2) 目視レベル判定調査結果

目視でのレベル判定調査を2012年に試行的に行った結果を表-4(1)、(2)に示す。施工後1年を経過した2011年施工地では、配合比12・12・12について発生期待本数が一番多いにも係わらず、判定レベルの平均が2となり、一番評価の低い判定結果となった。配合比12・12・12の結果を除くと平均で3.00～4.25で、発生期待本数が多くなるに伴い目視判定レベルの平均も高くなる傾向が見られた。但し、

施工後1年を経過しても、目視判定レベルが1, 2の生育不良箇所が15箇所（全体に対する割合（占有率）23.5%）も存在し、今後の対応について課題が残る結果となった。施工1年目の調査である2012年施工地の調査では、全て目視判定レベルが2～4であった。目視判定レベルが2の生育不良箇所は9箇所（占有率29%）であり、1年経過した2011年施工地と比較して、不良箇所の占める割合が高い結果となった。全体の平均も2.84であり、2011年施工地の3.66と比較して評価の低い結果となった。

(3) 根系強度計測結果

2012年に実施したベーン式根系強度計による計測結果を表-5(1), (2)に示す。2011年施工箇所では根系強度の最小値が92kgf・cmで、最大値が584kgf・cmであった。配合比によっては、最大値と最小値の差が大きい箇所もあったが、平均値では332.8kgf・cmから484.8kgf・cmであり、2012年施工箇所の平均値172.0kgf・cmから246.5kgf・cmと比較すると高い強度が得られた。また、どの配合比においても、根系強度の平均値は2011年施工箇所の方が高い結果となった。

4. 考察

(1) 生育確認調査

表-3及び図-1に示す生育確認調査結果から、2011年施工箇所と2012年施工箇所の1年目の生育状況を比べると、2012年施工箇所の方が良好に生育している結果となった。この差については、今回の調査地が石狩川下流域という広いエリアを対象に行っており、調査地それぞれの気象や土壌の条件が異なっているほか、施工方法も統一されていないため、原因を考察することは難しい。

2011年施工地の1年目と2年目の調査結果の比較では、1年経過後の2年目に生育確認本数が大幅に増えた。このことより堤防植生は施工直後については経過年数とともに生育本数が拡大することが分かった。但し、1年経過後も十分な生育本数に満たない箇所も4割程度あったことから、今後は、施工の際の播種量や施工方法を慎重に検討していく必要があると考えられる。

(2) 目視レベル判定調査と根系強度計測結果

本調査で試行的に目視判定レベルを策定して調査・検討を行った。同時に根系強度の計測も行った。図-2に施工後経過日数と根系強度の関係を示す。Level-1の箇所の結果を除くと、施工1年後の根系強度は殆どが300kgf・cmを超え、1年目の調査結果と比較して根毛が発達していることが分かる。シバの場合、根系強度が300kgf・cm程度では根毛量も多くシバの状態も良いと判定されている²⁾ことを考慮すると、施工後1年を経過した結果では、殆どの箇所で十分な強度に達していると考えられる。一方、

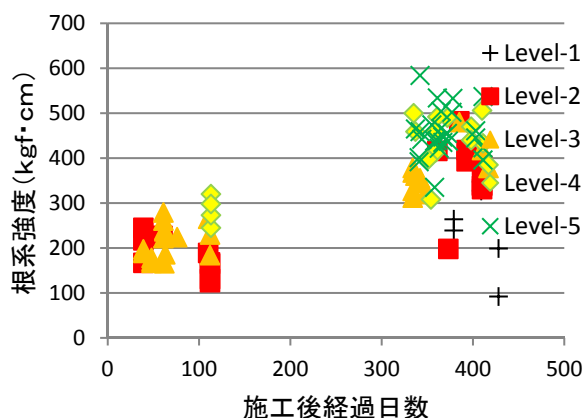


図-2 施工後経過日数と根系強度の関係

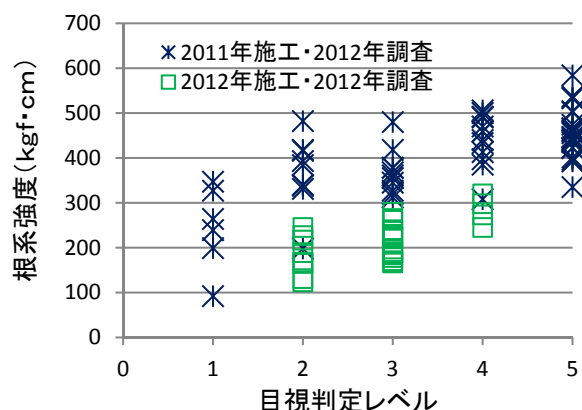


図-3 目視判定レベルと根系強度の関係

施工1年目で300kgf・cmを超えたのは1地点のみであった。

図-3に目視判定レベルと根系強度の関係を示す。この図から、目視判定レベルが上昇すると根系強度も高くなる傾向が分かる。また、同じ目視判定レベルでも、施工1年目の調査地に比べて施工1年後の調査地の方が根系強度は高くなる事が分かる。

これらのことから、以下のことが言える。

- ・施工後の経過年数ごとに見ると、目視判定レベルが上がれば根系強度も高くなることから、経過年数と目視判定レベルにより、簡易に堤防植生の状況を判断出来る可能性がある。
- ・その際、施工1年目の植生の状況は目視では良好であると判定されても、根系は十分に発達しているとは限らず、根系強度が十分な強度に達するには施工後1年以上の時間経過が必要であることに注意する必要がある。

参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター編：改定 解説・河川管理施設等構造令，山海堂，2000。
- 2) 宇多高明ら：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動，土木研究所資料第3489号，1997。

(2018.4.3受付)